Temperature

An aesthetic objective of $\leq 15°C$ has been established for the temperature of drinking water.

Definition and Measurement

Temperature is currently defined by the "International Practical Temperature Scale of 1968, amended edition 1975" in terms of the electrical resistance of a standard platinum-resistance thermometer at three calibration points (the triple point of water, the boiling point of water at one standard atmosphere and the freezing point of zinc).[1] Measurement for water treatment purposes may be made with any good-grade mercury-filled Celsius thermometer. As a minimum requirement, the thermometer should have a scale marked for every 0.1°C and should be checked against a thermometer certified by the U.S. National Bureau of Standards. A thermistor may also be used, although higher cost may preclude its widespread use.[2] Thermistors used in some large water treatment plants for continuous temperature monitoring are calibrated using the melting point of water as a standard.

Except under uncommon circumstances — for example, in some Arctic distribution systems in which water is heated[3] — it is not economical to alter the temperature of the water in drinking water treatment plants. The temperature is therefore largely determined by the selection of the raw water source and the depth at which the distribution system is buried.[4] In Canada, surface water temperature shows a wide seasonal variation in most localities (2°C to 25°C).[5] Groundwater has a much more constant seasonal temperature. The temperature of deep wells varies by only 2°C to 3°C; larger variations occur in shallower sources.[6]

Relationships with Other Water Quality Parameters

The temperature dependence of most chemical reactions stems from the activation energy associated with them. In general, the rates of chemical reactions decrease with decreasing temperature. The relative concentrations of reactants and products in chemical equilibria can also change with temperature. The magnitude of this change basically depends on the Gibbs free energy change of the reaction in question. Temperature can therefore affect every aspect of the treatment and the delivery of potable water.

Physical Characteristics

The human senses of taste and smell are intimately related. Palatability involves a complex and predominantly subjective mixture of the two, together with the aesthetic parameter of colour. From the user's viewpoint, cool drinking water is preferable to warm; a temperature of 10°C is usually satisfactory.[7] The figure of 19°C, often quoted as a "limit" above which most consumers complain, is based on an empirical relationship derived about 60 years ago.[8] Pangborn and Bertolero,[9] using distilled water, solutions of mineral salts in distilled water and samples of drinking water, showed that the intensity of taste is greatest for water at room temperature and is significantly reduced by chilling *or* heating; the order of taste intensity is 22°C > 37° C > 55°C > 0°C. Increasing the temperature will also increase the vapour pressure of trace volatiles in drinking water and could thus lead to increased odour. The temperature used for the standard odour test in water is 40°C.[2] This temperature was chosen to increase the detection of those volatiles that produce disagreeable odours.

Turbidity and colour are indirectly related to temperature, because temperature affects coagulation. The efficiency of coagulation is strongly temperature dependent, and the optimum pH for coagulation decreases as temperature increases.[10] This shift is probably important only when coagulant doses are close to the experimentally determined minimum.[11] Because of the complex combination of chemical equilibria involved in coagulation, it is recommended that, in order to achieve the most economical use of coagulant, jar tests be carried out at the temperature of the treated water and not at room temperature.[11]

As temperature decreases, the viscosity of water increases, and the rate of sedimentation decreases.[11] As a longer settling time is not available in a plant with a fixed flow rate and basin capacity, the efficiency of colour and turbidity removal by coagulation and sedimentation may be less in winter than in summer. Very small increases in the temperature (<1°C) of the

raw water source have been reported to decrease the efficiency of the flocculation–sedimentation process; this is due to stratification of warmer water over cooler water in the treatment basin.[12] This problem, however, can be overcome by appropriate plant and process design.

Final removal of suspended matter is carried out after sedimentation by filtration. Lower temperatures increase the viscosity of water, and filtration is slowed down.[8] Furthermore, the efficiency of turbidity removal by filtration is diminished at lower temperatures, possibly owing to a reduction of floc strength or average particle size.[13] Filtration through activated carbon is also affected by temperature; the adsorptivity of activated carbon increases as the temperature drops.[14]

In pure water, the hydrogen ion concentration is the result of the dissociation equilibrium:

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-,\ pK_w\ (25°C) = 14.0$$

The negative logarithm of K_w decreases with increasing temperature, and hence the pH will decrease (pH in pure water = $pK_w/2$). At 0°C, the pH of pure water is 7.49, compared with a value of 7.0 at 25°C (the hydrogen ion concentration at 0°C is only 32% of the value at 25°C).[15] Buffering action due to the presence of carbonates and other weakly acidic species found in potable water will modify this effect. Langelier has presented a detailed thermodynamic analysis of the change of pH with temperature in solutions containing various amounts of carbonates.[15]

Microbiological Characteristics

Temperature is related to the microbiological characteristics of drinking water through its effect on water treatment processes, especially disinfection, and its effect on the growth and survival of micro-organisms.

In general, disinfection is aided by increased temperature. The majority of the available data relate to chlorination. Working with *Escherichia coli*, Butterfield and co-workers observed a fivefold increase in the bactericidal effectiveness of chlorine between 2°C to 5°C and 20°C to 25°C.[16] In a study for the U.S. Army, Ames and Whitney-Smith found a ninefold increase in effectiveness between 8°C and 40°C.[17] Chambers reported that temperature hardly alters the effectiveness of chlorine at pH values between 7.0 and 8.5; at higher pH values, a four-to eightfold increase in effectiveness was observed over the temperature range 4°C to 22°C.[18] Similar results have been obtained with viruses.[19]

Two other disinfection agents are worthy of mention: ozone, which is widely used in Europe and in approximately 20 treatment plants in Quebec; and chlorine dioxide, which is primarily employed in Canada for taste and odour control. Unfortunately, there is a lack of information regarding the effects of temperature and pH on these agents.[20] In one recent paper, it was reported that the inactivation of *Mycobacterium fortuitum* by ozone increased with temperature with an activation energy of 18.3 kcal.[21] The coagulation and sedimentation stage of water treatment also reduces the number of micro-organisms suspended in water, and, as discussed earlier, temperature affects these processes.

Free available chlorine in drinking water exists primarily as hypochlorous acid and hypochlorite ion. The germicidal efficiency of hypochlorous acid is about 100 times greater than that of hypochlorite ion; in pure water, 96.8% of the free available chlorine is in the form of hypochlorous acid at pH 6, compared with only 2.9% at pH 9.[22] At a given pH, higher temperature leads to greater dissociation of hypochlorous acid. At pH 8, for example, hypochlorous acid concentration decreases by nearly 30% in the temperature range 0°C to 20°C.[23] The magnitude of this effect on the germicidal efficiency of chlorinated water is, however, of secondary importance to the larger, and opposite, effect of increased germicidal action at higher temperatures.

The effect of temperature on bacterial survival in water is not clearly resolved in the literature. Depending on the type of water used in the investigations (distilled water, sterile tap water or raw water) and the bacteria studied, it has been found that the effect of increasing temperature decreases, increases or does not alter the viability of the organism under study.[24] Seasonal variations in coliform counts in raw water sources (maximum counts occur in spring and late summer) have been observed.[25] However, temperature would be only one of a number of factors leading to this variation.

Viruses can survive considerably longer than bacteria at low temperatures, and survival times of up to six months have been reported for poliovirus in tap water at low temperature.[22] However, an epidemiological study of infectious hepatitis in 13 U.S. cities showed no correlation between infection rate and raw water temperature.[26] The temperature range was 9.4°C to 20.6°C.

The survival time in water of the cysts and ova of parasitic worms is shortened by higher temperatures. For example, *Schistosoma* ova die in nine days at 29°C to 32°C, in three weeks at 15°C to 24°C and in three months at 7°C.[7]

The growth of nuisance organisms is also enhanced by warm water and could lead to the development of unpleasant tastes and odours and possible health dangers. Algal growth in surface water normally becomes noticeable only at temperatures above 15°C.[27] It has also been suggested that microfungi can grow inside the internal plumbing systems of buildings,

leading to complaints of musty, earthy or mouldy tastes and odours if the temperature rises above about 16°C.[28] Certain organic growths have been shown to protect bacteria from the effects of chlorination,[22] and it is therefore advisable to keep the growth of such organisms to a minimum by using cool water.

Chemical Characteristics

As with most other chemical reactions, the rate of formation of trihalomethanes in the chlorination of drinking water exhibits a temperature dependence. Stevens and co-workers demonstrated that the rate of formation of chloroform in raw water treated with a chlorine dose of 10 mg/L increased threefold between 3°C and 25°C.[29] In a survey of organics in Ontario drinking water, the authors concluded that water temperature was perhaps the single most important factor influencing seasonal variation in trihalomethane concentrations.[30] There appeared, however, to be no attempt to investigate the influence of other factors, such as the seasonal variation of dissolved organic chemicals in the water supply, the presence of turbidity or the chlorine dose.

In water treatment and distribution systems, corrosion and incrustation are affected by a complex interaction of factors. It is, therefore, difficult to make generalized statements concerning the effect of temperature on corrosion in water treatment systems. Information that is available stems from experimental investigations of specific situations. One such study showed the effect of temperature on the corrosion of cast iron in water produced by the Middlesex Water Company of New Jersey.[31] This study clearly demonstrated that corrosion increased as a function of temperature, with a good correlation between the average monthly raw water temperature and the measured corrosion rate. In the absence of corrosion inhibitors, the corrosion rate increased fourfold over the temperature range of 3°C to 26°C. The use of sodium hydroxide to adjust the pH reduced this increase to a factor of two over the same temperature range; however, at temperatures below 10°C, water containing sodium hydroxide showed a higher corrosion rate than the untreated water. The company therefore discontinued sodium hydroxide use in the winter months. Corrosion rate is also a function of the dissolved oxygen concentration in water. The solubility of oxygen decreases with increasing temperature (10.15 mg/L at 15°C to 7.1 mg/L at 35°C).[32] This change in dissolved oxygen with temperature is small compared with the much larger (and opposite) change in corrosion rates cited above, and it is unlikely that dissolved oxygen is important in the temperature dependence of corrosion.

The solubility product of calcium carbonate decreases with temperature; however, at low alkalinities (<50 mg/L as calcium carbonate), the decrease in pH with increased temperature actually increases the solubility of calcium carbonate. This effect on the saturation index tends to reduce incrustation by carbonate and at the same time to increase the aggressivity of the water, leading to increased corrosion in hot water systems.[13]

Health Effects

Temperature does not bear a direct relationship to health. Of the relationships mentioned above, the effects on chlorination and coagulation efficiency and the effect on the survival of micro-organisms are the most important to health.

Rationale

1. The importance of temperature as a determinant of water quality is derived mainly from its relationship with other water quality parameters. Most of these relationships have a bearing on the aesthetic aspects of water quality; some are indirectly related to health.

2. The palatability of drinking water is to some extent dependent on temperature. The figure of 19°C is often cited as a "limit" above which most consumers complain. At temperatures above 15°C, the growth of nuisance organisms in the distribution system becomes a problem and could lead to the development of unpleasant tastes and odours. The effect of low temperature on water treatment processes is controlled by altering the amounts of chemicals used in treatment; low temperature is not a barrier to the production of water of an acceptable quality.

3. The aesthetic objective for temperature is therefore ≤15°C. Maintenance of the water temperature at or below this level offers several additional advantages. Low temperature aids in the retention of a chlorine residual by reducing the rates of reaction leading to hypochlorous acid removal; economic losses due to corrosion are reduced at low temperature; and cool water discourages the use of alternative sources that may be injurious to health.

References

1. The international practical temperature scale of 1968, amended edition 1975. Metrologia, 12: 7 (1976).

2. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 14th edition. Washington, DC (1976).

3. Bennett, W.F., Hollar, A.C. and Hurst, W.D. An unusual form of corrosion. J. Am. Water Works Assoc., 69: 26 (1977).

4. Gerritsen, E. Northern Ontario water distribution systems. J. Am. Water Works Assoc., 69: 242 (1977).

5. Environment Canada. Water quality data for surface water for Alberta, 1961–1971 (1975).

6. Van Everding, R.O. Personal communication. Department of Fisheries and Environment, January (1978).

7. Temperature. In: Water quality criteria. 2nd edition. State Water Quality Control Board, Sacramento, CA. p. 283 (1963).

8. Burnson, B. Seasonal temperature variations in relation to water treatment. J. Am. Water Works Assoc., 30: 793 (1938).

9. Pangborn, R.M. and Bertolero, L.I. Influence of temperature on taste intensity and degree of liking of drinking water. J. Am. Water Works Assoc., 64: 511 (1972).

10. Maudling, J.S. and Harris, R.H. Effect of ionic environment and temperature on the coagulation of color-causing organic compounds with ferric sulfate. J. Am. Water Works Assoc., 60: 460 (1968).

11. Camp, T.R., Root, D.A. and Bhoota, B.V. Effects of temperature on rate of floc formation. J. Am. Water Works Assoc., 32: 1913 (1940).

12. Nasmith, G.G. The trial filtration plant, Ottawa, Canada. J. Am. Water Works Assoc., 22: 1017 (1930).

13. American Water Works Association. Water quality and treatment. 3rd edition. McGraw-Hill, Toronto (1971).

14. Weber, W.J. and Morris, J.C. Equilibria and capacities for adsorption on carbon. J. Sanit. Eng. Div. Proc. Am. Soc. Civ. Eng., 90(SA3): 79 (1964).

15. Langelier, W.F. Effect of temperature on the pH of natural waters. J. Am. Water Works Assoc., 38: 179 (1946).

16. Butterfield, C.T., Wattie, E., Megregian, S. and Chambers, C.W. Influence of pH and temperature on the survival of coliforms and enteric pathogens when exposed to free chlorine. Public Health Rep., 58: 1837 (1943).

17. Ames, M. and Whitney-Smith, W.J. Bacteriology, 47: 445 (1944).

18. Chambers, C.W. An overview of the problems of disinfection. In: Proceedings of the Symposium on Wastewater Treatment in Cold Climates, University of Saskatchewan, Saskatoon. Environment Canada Rep. EPS 3-WP-74-3, March. p. 423 (1974).

19. White, G.C. Disinfection: the last line of defense for potable water. J. Am. Water Works Assoc., 67: 410 (1975).

20. Morris, J.C. Chlorination and disinfection — state of the art. J. Am. Water Works Assoc., 63: 769 (1971).

21. Farooq, S., Engelbrecht, R.S. and Chian, E.S.K. Influence of temperature and U.V. light on disinfection with ozone. Water Res., 11: 737 (1977).

22. Health and Welfare Canada. Microbiological quality of drinking water. Environmental Health Directorate Publ. 77-EHD-2 (1977).

23. Sawyer, C.N. and McCarty, P.L. Residual chlorine and chlorine demand. In: Chemistry for sanitary engineers. 2nd edition. McGraw-Hill Series in Sanitary Science and Water Resources Engineering, McGraw-Hill, Toronto. p. 366 (1967).

24. Rudolfs, W., Falk, L.L. and Ragatzkie, R.A. Literature review on the occurrence and survival of enteric, pathogenic, and relative organisms in soil, water, sewage, and sludges, and on vegetation. Sewage Ind. Wastes, 22: 1261 (1950).

25. Rao, S.S. and Henderson, J. Summary report of microbiological baseline data on Lake Superior, 1973. Scientific Series No. 45, Inland Waters Directorate, Environment Canada (1974).

26. Taylor, F.B., Eagen, J.H., Smith, H.F.A., Jr., and Coene, R.F. The case for water-borne infectious hepatitis. Am. J. Public Health, 56: 2093 (1966).

27. Silvey, J.K., Henley, D.E. and Wyatt, J.T. Planktonic blue-green algae: growth and odor-production studies. J. Am. Water Works Assoc., 64: 35 (1972).

28. Burman, N.P. Discussion of: Packham, R.F. Studies of organic colour in natural water. Proc. Soc. Water Treat. Exam., 13: 316 (1964).

29. Stevens, A.A., Slocum, C.J., Seeger, D.R. and Robeck, G.G. Chlorination of organics in drinking water. J. Am. Water Works Assoc., 68: 615 (1976).

30. Smillie, R.D., Nicholson, A.A., Meresz, O., Duholke, W.K., Rees, G.A.V., Roberts, K. and Fung, G. Organics in Ontario drinking water. Part II. Ontario Ministry of the Environment, Toronto, April (1977).

31. Mullen, E.D. and Ritter, J.A. Potable water corrosion control. J. Am. Water Works Assoc., 66: 473 (1974).

32. Hoak, R.D. The thermal pollution problem. J. Water Pollut. Control Fed., 33: 1267 (1961).

La température

L'objectif à poursuivre, pour des raisons de qualité organoleptique, consiste à maintenir l'eau potable à une température *égale ou inférieure à 15°C*.

Définition et mesure

Dans l'*International Practical Temperature Scale of 1968, amended edition, 1975*, on définit la température par rapport à la résistance électrique, mesurée à trois points de repère (le point triple de l'eau, le point d'ébullition de l'eau sous la pression d'une atmosphère et le point de congélation du zinc) d'un thermomètre ordinaire à résistance de platine.(1) Pour effectuer les mesures nécessaires au traitement de l'eau, un thermomètre à mercure de bonne qualité, gradué en degrés Celsius, suffit. Le thermomètre doit être gradué au 1/10e de degré et son exactitude doit être vérifiée à l'aide d'un thermomètre de précision conforme aux normes du National Bureau of Standards des États-Unis. Il est possible de se servir d'un thermistor, mais un tel instrument coûte cher et n'est pas à la portée de toutes les bourses.(2) Le point de fusion de l'eau constitue le repère d'étalonnage des thermistors servant à la surveillance continue de la température dans les grandes stations de traitement des eaux.

Il n'est ordinairement pas rentable de modifier la température de l'eau dans les stations de traitement d'eau potable, sauf si des circonstances exceptionnelles le commandent, par exemple dans l'Arctique, où l'on chauffe l'eau de certains réseaux de distribution.(3) La température de l'eau dépend donc largement de la source d'eau brute choisie et de la profondeur d'enfouissement du réseau de distribution.(4) Au Canada, la température de l'eau de surface subit de grandes variations saisonnières dans la plupart des agglomérations (entre 2 °C et 25 °C).(5) La température de l'eau souterraine est nettement plus constante. Dans les puits profonds, elle ne varie que de 2 à 3 °C; moins la couche aquifère est profonde, plus les fluctuations sont accentuées.(6)

Relations avec d'autres paramètres de la qualité de l'eau

La température à laquelle s'effectuent la plupart des réactions chimiques dépend de l'énergie associée à l'activation de celles-ci. Une baisse de la température entraîne généralement un ralentissement des réactions chimiques. Les concentrations relatives des réactifs et des produits en équilibre chimique peuvent aussi varier en fonction de la température. L'amplitude de cette variation dépend essentiellement du changement de l'énergie libre de Gibbs de la réaction en question. Tous les aspects du traitement et de la distribution de l'eau potable sont donc touchés par la température.

Caractéristiques physiques

Les sens du goût et de l'odorat chez l'être humain sont inséparables. La sapidité fait appel à un dosage complexe et plutôt subjectif de ces deux sens, alliés au paramètre d'ordre organoleptique qu'est la couleur. Les buveurs préfèrent l'eau froide à l'eau tiède; en règle générale, une température de 10 °C leur convient.(7) La limite de 19 °C, souvent citée comme constituant le seuil de tolérance dont le dépassement suscite les récriminations de la plupart des consommateurs, est fondée sur une relation empirique établie il a une soixantaine d'années.(8) Pangborn et Bertolero(9) ont montré, en se servant d'eau distillée, de solutions de sels minéraux dans de l'eau distillée et d'échantillons d'eau potable, que c'est à la température de la pièce que l'eau affiche le goût le plus prononcé et que ce goût s'atténue considérablement lorsque l'eau est refroidie *ou* réchauffée. L'échelle de la sapidité suit la courbe de température suivante : 22 °C > 37 °C > 55 °C > 0 °C. Une hausse de la température accroît la tension de vapeur des matières volatiles présentes dans l'eau potable à l'état de traces et peut, de ce fait, accentuer l'odeur de l'eau. On procède aux tests d'olfaction de l'eau à une température de 40 °C,(2) car c'est à cette température qu'on décèle le mieux les matières volatiles responsables d'odeurs désagréables.

La température exerce un effet indirect sur la turbidité et sur la couleur puisqu'elle agit sur la coagulation. L'efficacité de cette dernière dépend beaucoup de la température : le pH optimal pour la coagulation diminue proportionnellement à l'élévation de la température.(10) En pratique, ce n'est probablement que lorsque les doses de coagulant se rapprochent des doses minimales établies expérimentalement(11) que ce phénomène prend de l'importance. Comme la

combinaison des équilibres chimiques intervenant dans le phénomène de la coagulation est d'une grande complexité, on recommande, pour utiliser les coagulants d'une façon économique, d'effectuer les essais de floculation à la température de l'eau traitée et non à la température de la pièce.(11)

À mesure que la température baisse, la viscosité de l'eau augmente et la vitesse de décantation diminue.(11) Dans les installations où le débit est constant et où la capacité des bassins ne peut être augmentée, la décantation ne peut être prolongée; dès lors, en hiver, l'efficacité des phénomènes de coagulation et de décantation qui éliminent la couleur et la turbidité risque d'être moindre qu'en été. Pourtant, on a signalé qu'une infime augmentation de la température (<1 °C) à la source d'eau brute réduisait l'efficacité des procédés de floculation et de décantation. Ce phénomène s'explique par la tendance de l'eau chaude à former une couche distincte au-dessus de la couche d'eau froide dans les décanteurs.(12) On peut toutefois régler ce problème en modifiant les procédés et les installations en conséquence.

L'élimination finale des matières en suspension se fait par filtration, après la décantation. La filtration est plus lente à de basses températures en raison de la plus grande viscosité de l'eau.(8) En outre, toujours à de basses températures, elle est moins efficace pour éliminer la turbidité, peut-être parce que la cohésion du floc, ou la taille moyenne des particules, est moindre.(13) La température influe aussi sur les filtres à charbon actif : le pouvoir adsorbant du charbon actif augmente à mesure que la température diminue.(14)

Dans l'eau pure, la concentration d'ions d'hydrogène est déterminée par l'équilibre de dissociation :

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-, pK_w\,(25\ °C) = 14{,}0$$

La valeur logarithmique négative de K_w décroît avec l'élévation de la température; conséquemment, il en est de même du pH (le pH de l'eau pure = $pK_w/2$). Le pH de l'eau pure est égal à 7,49 à 0 °C et à 7 à 25 °C (la concentration d'ions d'hydrogène à 0 °C correspond à seulement 32 % de ce qu'elle est à 25 °C).(15) La présence de carbonates et d'autres espèces faiblement acides dans l'eau potable a un effet tampon qui atténue l'influence de la température. Langelier a publié une analyse thermodynamique détaillée de la variation du pH en fonction de la température en ce qui concerne des solutions contenant diverses quantités de carbonates.(15)

Caractéristiques microbiologiques

La température intervient dans les caractéristiques microbiologiques de l'eau potable, car elle influence d'une part les procédés de traitement des eaux, en particulier la désinfection, et, d'autre part, la croissance et la survie des microorganismes.

En règle générale, une hausse de la température favorise la désinfection. La plupart des données disponibles à ce sujet portent sur la chloration. Dans le cadre de leurs travaux sur l'*Escherichia coli*, Butterfield et ses collaborateurs ont observé que, lorsque la température s'élève à partir de 2 à 5 °C pour atteindre 20 à 25 °C, l'action bactéricide du chlore se trouve multipliée par cinq.(16) Dans une étude effectuée pour le compte de l'armée américaine, Ames et Whitney-Smith montrent que, si la température passe de 8 °C à 40 °C, l'action bactéricide du chlore se trouve multipliée par neuf.(17) Chambers a constaté que l'effet de la température sur l'action du chlore était pratiquement nul à un pH de 7 à 8,5 tandis que, si la température passait de 4 °C à 22 °C avec un pH plus élevé, l'efficacité du chlore était de 4 à 8 fois plus grande.(18) Des chercheurs ont obtenu des résultats analogues au cours de recherches relatives aux virus.(19)

Deux autres désinfectants méritent d'être mentionnée : il s'agit de l'ozone, couramment utilisé en Europe ainsi que dans une vingtaine de postes de traitement au Québec, et du bioxyde de chlore, surtout utilisé au Canada dans les tests d'olfaction et de gustation. Malheureusement, on connaît très mal l'effet de la température et celui du pH sur l'action de ces désinfectants.(20) Dans une publication récente, on souligne qu'une élévation de la température améliore l'inactivation du *Mycobacterium fortuitum* par l'ozone. L'énergie d'activation de l'ozone est évaluée à 18,3 kcal.(21) Les phases de coagulation et de décantation du traitement des eaux réduisent aussi le nombre de microorganismes en suspension dans l'eau; par ailleurs, nous avons vu que la température influait sur les résultats de ces procédés.

Dans l'eau potable, le chlore libre existe principalement sous forme d'acide hypochloreux et d'ion hypochlorite. L'action germicide de l'acide hypochloreux est à peu près cent fois plus grande que celle de l'ion hypochlorite. Dans l'eau pure, 96,8 % du chlore libre est de l'HOCl quand le pH est de 6; ce pourcentage tombe à 2,9 à un pH de 9.(22) À pH égal, une augmentation de la température stimule la dissociation de l'acide hypochloreux. Ainsi, avec un pH de 8, la concentration de l'HOCl décroît de 30 % environ lorsque la température passe de 0 à 20 °C.(23) Toutefois, l'effet de la concentration d'HOCl sur l'efficacité germicide de l'eau chlorée est plus qu'annulé par l'influence contraire et plus grande que la hausse de la température exerce sur l'action germicide.

L'état actuel des recherches ne nous permet pas d'établir une relation claire entre la température et la survie des bactéries dans l'eau. En effet, selon la bactérie étudiée et le type d'eau utilisé (eau distillée, eau du robinet stérile ou eau brute), les chercheurs ont constaté que l'élévation de la température avait un effet favorable, défavorable ou nul sur la viabilité de

l'organisme à l'étude.[24] Dans des sources d'eau brute, on a relevé une variation saisonnière du nombre des coliformes, la prolifération la plus grande étant notée au printemps et à la fin de l'été.[25] Il semble toutefois que la température ne soit qu'un des divers facteurs pouvant expliquer cette variation.

Les virus survivent beaucoup plus longtemps que les bactéries à de basses températures. On a constaté que le virus de la polio pouvait survivre jusqu'à six mois dans de l'eau du robinet maintenue à basse température.[22] En revanche, une étude épidémiologique relative à l'hépatite infectieuse, menée dans treize villes des États-Unis, n'a pas permis de déceler de corrélation entre le taux d'infection et la température de l'eau brute.[26] La plage des températures d'analyse allait de 9,4 °C à 20,6 °C.

Les températures élevées diminuent le temps de survie, dans l'eau, des kystes et des œufs des vers parasites. Ainsi, les œufs du *Schistosoma* meurent au bout de neuf jours à une température variant entre 29 et 32 °C, au bout de trois semaines si cette dernière se situe entre 15 et 24 °C et au bout de trois mois à une température de 7 °C.[7]

L'eau chaude stimule la prolifération d'organismes nuisibles qui peuvent causer des odeurs et des goûts désagréables et même rendre l'eau malsaine. La croissance d'algues dans les eaux de surface ne devient ordinairement évidente qu'à une température supérieure à 15 °C.[27] Il semble qu'à une température supérieure à 16 °C, des champignons microscopiques puissent se développer dans les canalisations internes des édifices et donner à l'eau une odeur et un goût de terre, de boue ou de moisi.[28] Certaines proliférations organiques protégeant les bactéries contre l'action de la chloration,[22] il est préférable de leur faire échec au maximum en utilisant de l'eau froide.

Caractéristiques chimiques

Comme dans la plupart des autres réactions chimiques, la vitesse de formation des trihalométhanes produits par la chloration de l'eau potable est liée à la température. Stevens et ses collaborateurs ont montré que, dans de l'eau brute ayant reçu une dose de chlore de 10 mg/L, la vitesse de formation du chloroforme était multipliée par trois si la température passait de 3 °C à 25 °C.[29] Les auteurs d'une étude portant sur les substances organiques dans l'eau potable en Ontario ont conclu que la température de l'eau était probablement l'unique facteur important pouvant expliquer la variation saisonnière de la concentration des trihalométhanes.[30] Il ne semble pas, toutefois, qu'on ait cherché à étudier l'influence d'autres facteurs, comme la variation saisonnière du coefficient de dissolution des substances chimiques d'origine organique dans les eaux d'alimentation, le degré de turbidité ou la dose de chlore.

Dans les installations de traitement et de distribution des eaux, la corrosion et l'entartrage sont influencés par la combinaison complexe de multiples facteurs. Il est donc difficile de se prononcer avec certitude quant à l'influence exercée par la température sur la corrosion dans les installations de traitement des eaux. Les connaissances dont nous disposons à cet égard se limitent aux résultats obtenus à la suite de recherches expérimentales relatives à des cas d'espèce. On a montré, par exemple, l'effet produit par la température sur la corrosion de la fonte dans l'eau provenant de la Middlesex Water Company du New Jersey.[31] L'étude en question prouvait que la corrosion augmentait en fonction de la température et qu'il existait une corrélation véritable entre la moyenne mensuelle de la température de l'eau brute et la vitesse mesurée de corrosion. Sans inhibiteurs de corrosion, la vitesse de corrosion se trouvait multipliée par quatre lorsque la température passait de 3 °C à 26 °C. L'emploi de soude caustique, en modifiant le pH, réduisait le facteur de multiplication à deux avec la même augmentation de température. On s'est toutefois aperçu qu'à des températures inférieures à 10 °C, la corrosion s'avérait plus rapide dans l'eau contenant de la soude caustique que dans l'eau non traitée. Cette compagnie a donc cessé d'utiliser la soude caustique en hiver. L'oxygène dissous dans l'eau est un autre facteur de corrosion; or la solubilité de l'oxygène décroît proportionnellement à l'augmentation de la température (10,15 mg/L à 15 °C par rapport à 7,1 mg/L à 35 °C).[32] Le phénomène est cependant mineur par rapport à la variation contraire — et bien plus prononcée — des vitesses de corrosion dont il a été question plus haut. Il est donc peu probable que l'oxygène dissous soit un élément important eu égard à l'influence exercée par la température sur la corrosion.

L'indice de solubilité du carbonate de calcium décroît avec la température. Cependant, lorsque l'alcalinité est faible (<50 mg/L de carbonate de calcium), la baisse du pH correspondant à l'augmentation de la température rend le carbonate de calcium plus soluble. Un tel effet sur l'indice de saturation tend à réduire l'entartrage par le carbonate de calcium; en revanche, il rend l'eau plus corrosive et, par voie de conséquence, favorise la détérioration des canalisations d'eau chaude.[13]

Effets sur la santé

La température de l'eau n'a pas d'influence directe sur la santé. Parmi les relations que nous venons d'énumérer, l'effet de la température sur l'efficacité de la chloration et de la coagulation, d'une part, et l'influence exercée par la température sur la survie des microorganismes, d'autre part, sont les plus importantes du point de vue de l'hygiène.

Justification

1. L'importance de la température comme facteur décisif relativement à la qualité de l'eau tient à ses relations avec les autres paramètres. La plupart de ces relations touchent les aspects de la qualité organoleptique de l'eau; d'autres sont indirectement liées à la santé.

2. La sapidité de l'eau potable dépend, dans une certaine mesure, de sa température. On fait souvent état d'un seuil de 19 °C; cette limite dépassée, la plupart des consommateurs se plaignent. À des températures supérieures à 15 °C, la prolifération d'organismes indésirables dans le réseau de distribution devient gênante et risque de produire des odeurs et des goûts désagréables. Il est possible de remédier à l'effet causé par la basse température de l'eau sur les procédés de traitement en modifiant la quantité des produits chimiques utilisés. La basse température n'empêche en rien la production d'une eau de qualité acceptable.

3. La température maximale acceptable pour des raisons d'ordre organoleptique est donc de 15 °C. Il est avantageux à plusieurs égards de ne pas dépasser ce plafond. Dans l'eau froide, il est plus facile de conserver un résiduel de chlore puisque la réaction chimique qui entraîne l'élimination de l'acide hypochloreux est ralentie. Du point de vue économique, les pertes dues à la corrosion sont alors moins élevées. Enfin, les buveurs qui disposent d'une eau fraîche au robinet ne sont pas tentés d'avoir recours à des sources d'eau qui risqueraient d'être nocives.

Références bibliographiques

1. The international practical temperature scale of 1968, amended edition 1975. Metrologia, 12 : 7 (1976).

2. American Public Health Association / American Water Works Association / Water Pollution Control Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14e édition. Washington, D.C. (1976).

3. Bennett, W.F., Hollar, A.C. et Hurst, W.D. An usual form of corrosion. J. Am. Water Works Assoc., 69 : 26 (1977).

4. Gerritsen, E. Northern Ontario water distribution systems. J. Am. Water Works, 69 : 242 (1977).

5. Environnement Canada. Water Quality Data for Surface Water for Alberta, 1961-1971 (1975).

6. Van Everding, R.O. Communication personnelle. Ministère des Pêcheries et de l'Environnement du Canada (janvier 1978).

7. State Water Quality Control Board, California. Temperature. Dans : Water Quality Criteria. 2e édition, p. 283 (1963).

8. Burnson, B. Seasonal temperature variations in relation to water treatment. J. Am. Water Works Assoc., 30 : 793 (1938).

9. Pangborn, R.M. et Bertolero, L.I. Influence of temperature on taste intensity and degree of liking of drinking water. J. Am. Water Works Assoc., 64 : 511 (1972).

10. Maudling, J.S. et Harris, R.H. Effect of ionic environment and temperature on the coagulation of color-causing organic compounds with ferric sulfate. J. Am. Water Works Assoc., 60 : 460 (1968).

11. Camp, T.R., Root, D.A., et Bhoota, B.V. Effects of temperature on rate of floc formation. J. Am. Water Works Assoc., 32 : 1913 (1940).

12. Nasmith, G.G. The trial filtration plant, Ottawa, Canada. J. Am. Water Works Assoc., 22 : 1017 (1930).

13. American Water Works Association. Water Quality and Treatment, 3e édition, pp. 89 et 305. McGraw-Hill, Toronto (1971).

14. Weber, W.J., et Morris, J.C. Equilibria and capacities for adsorption on carbon. J. Sanit. Eng. Div. Proc. Am. Soc. Civ. Eng., 90 (SA3), 79 (1964).

15. Langelier, W.F. Effect of temperature on the pH of natural waters. J. Am. Water Works Assoc., 38 : 179 (1946).

16. Butterfield, C.T., Wattie, E., Megregian, S., et Chambers, C.W. Influence of pH and temperature on the survival of coliforms and enteric pathogens when exposed to free chlorine. Public Health Rep., 58 : 1837 (1943).

17. Ames, M. et Whitney-Smith, W. J. Bacteriol., 47 : 445 (1944).

18. Chambers, C.W. An overview of the problems of disinfection. Dans : Proceedings of the Symposium on Wastewater Treatment in Cold Climates, University of Saskatchewan, Saskatoon, p. 423. Environnement Canada, EPS 3-WP-74-3 (mars 1974).

19. White, G.C. Disinfection: The last line of defense for potable water. J. Am. Water Works Assoc., 67 : 410 (1975).

20. Morris, J.C. Chlorination and disinfection — state of the art. J. Am. Water Works Assoc., 63 : 769 (1971).

21. Farooq, S., Engelbrecht, R.S., et Chian, E.S.K. Influence of temperature and U.V. light on disinfection with ozone. Water Res, 11 : 737 (1977).

22. Santé et Bien-être Canada. Microbiological quality of drinking water. Publication 77-EHD-2 (1977).

23. Sawyer, C.N. et McCarty, P.L. Residual chlorine and chlorine demand. Dans : Chemistry for Sanitary Engineers, 2e édition, p. 366. McGraw-Hill, Toronto (1967).

24. Rudolfs, W., Falk, L.L. et Ragatzkie, R.A. Literature review on the occurence and survival of enteric, pathogenic, and relative organisms in soil, water, sewage, and sludges, and on vegetation. Sewage Ind. Wastes, 22 : 1261 (1950).

25. Rao, S.S. et Henderson, J. Summary report of microbiological baseline data on Lake Superior, 1973. Scientific series No. 45. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada (1974).

26. Taylor, F.B., Eagen, J.H., Smith, H.F.A. Jr. et Coene, R.F. The case for water-borne infectious hepatitis. Am. J. Public Health, 56 : 2093 (1966).

27. Silvey, J.K., Henley, D.E. et Wyatt, J.T. Planktonic blue-green algae: growth and odor-production studies. J. Am. Water Works Assoc., 64 : 35 (1972).

28. Burman, N.P. Discussion concernant : Packham, R.F. Studies of organic colour in natural water. Proc. Soc. Water Treat. Exam., 13 : 316 (1964).

29. Stevens, A.A., Slocum, C.J., Seeger, D.R. et Robeck, G.G. Chlorination of organics in drinking water. J. Am. Water Works Assoc., 68 : 615 (1976).

30. Smillie, R.D., Nicholson, A.A., Meresz, O., Duholke, W.K., Rees, G.A.V., Roberts, K., et Fung, G. Organics in Ontario Drinking Water, 2e partie. Ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto (avril 1977).

31. Mullen, E.D. et Ritter, J.A. Potable water corrosion control. J. Am. Water Works Assoc., 66 : 473 (1974).

32. Hoak, R.D. The thermal pollution problem. J. Water Pollut. Control Fed., 33 : 1267 (1961).